

## Optical objective system for rigid endoscope with insertion parts of small dia

Patent Number: DE19720163  
Publication date: 1997-11-20  
Inventor(s): TAKEBAYASHI TSUTOMU (JP); HASEGAWA NAOKI (JP)  
Applicant(s): OLYMPUS OPTICAL CO (JP)  
Requested Patent: ☐ DE19720163  
Application Number: DE19971020163 19970514  
Priority Number(s): JP19960121747 19960516  
IPC Classification: G02B13/24; G02B23/24; A61B1/00  
EC Classification: G02B13/00E, A61B1/002  
Equivalents: ☐ JP9304693

---

### Abstract

---

The optical objective system includes an objective lens, which is mounted in a rigid endoscope (1) and a glass cover (31), a planoconcave lens (32), a 30 deg. prism (33), a planoconcave positive lens (34) and a compound lens. The glass cover has a concave surface on the image side, and is fixed at a distal frame, which as a part of an external tube is fixed by soldering or similar. The parameters are as follows: The outside dia. of the compound lens is 2.000 mm, the thickness of the compound lens (d) is 6.499 mm, d/O.D = 3.250; length of the optical axis of a positive lens of the compound lens (d1) is 1.633 mm, and the length of the optical axis of the compound lens, which follows the positive lens, d2 is 4.866 mm.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2





DEUTSCHES  
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: 197 20 163.6  
22 Anmeldetag: 14. 5. 97  
43 Offenlegungstag: 20. 11. 97

30 Unionspriorität:  
P 8-121747 16.05.96 JP

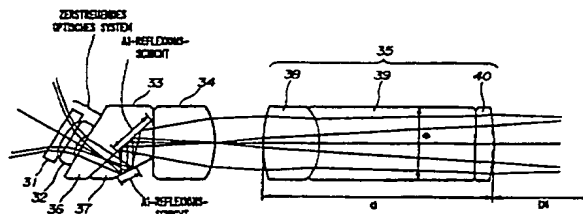
71 Anmelder:  
Olympus Optical Co., Ltd., Tokio/Tokyo, JP

74 Vertreter:  
Kahler, Käck & Fiener, 86899 Landsberg

72 Erfinder:  
Takebayashi, Tsutomu, Sendai, Miyagi, JP;  
Hasegawa, Naoki, Chofu, Tokio/Tokyo, JP

54 Optisches Objektivsystem für starre Endoskope, deren Einführteile einen kleinen Außendurchmesser aufweisen

57 Die Erfindung bezieht sich auf eine Objektivlinse, die in einem starren Endoskop (1) aufgenommen ist und ein Deckglas (31), eine plankonkave Linse (32), ein 30°-Prisma (33), eine plankonkave Positivlinse (34) und eine Verbundlinse (35) aufweist. Das Deckglas (31) weist eine konkave Oberfläche auf der Bildseite auf und ist an einem distalen Rahmen befestigt, der als Teil eines äußeren Rohrs durch Löten oder dergleichen befestigt ist. Die Parameter sind, wie folgt: Außendurchmesser der Verbundlinse  $\varnothing = 2,000$  mm; Dicke der Verbundlinse  $d = 6,499$  mm;  $d/\varnothing = 3,250$ ; Länge der optischen Achse einer Positivlinse der Verbundlinse  $d1 = 1,633$  mm und Länge der optischen Achse eines Teils der Verbundlinse, das der Positivlinse folgt,  $d2 = 4,866$  mm. Dadurch ist der Bau eines Endoskops mit einem sehr dünnen Einführabschnitt ohne Bildqualitätsverluste möglich.



DE 197 20 163 A 1

DE 197 20 163 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf ein optisches Objektivsystem für starre Endoskope oder insbesondere auf ein optisches Objektivsystem für starre Endoskope, die durch die Gestalt einer Verbundlinse gekennzeichnet sind.

Starre Endoskope für medizinische Studien wurden zum Betrachten und Behandeln von Körperhöhlräumen weitgehend angenommen, in die die Endoskope eingeführt werden. Z. B. wurden verschiedene Arten optischer Objektivsysteme für starre Endoskope offenbart.

Ein optisches Objektivsystem für starre Endoskope, das z. B. in der geprüften japanischen Patentveröffentlichung Nr. 4-14324 offenbart ist, weist, wie in Fig. 22 dargestellt, eine Gruppe Negativlinsen 101, eine Gruppe Positivlinsen 102 und einen Meniskus 103 auf, dessen konkave Oberfläche zur Objektseite hin gerichtet ist.

Bei dem vorstehenden Aufbau wird ein flächiges Bild 104, das durch das optische Objektivsystem ausgebildet wird, mittels Übertragungslinsen auf eine nachfolgende Stufe übertragen, die nicht dargestellt ist, konvergiert vor einer Okularlinse und wird mittels der Okularlinse für eine Betrachtung vergrößert.

Bei dieser Art eines starren Endoskops wird eine Feldkrümmung in einer negativen Richtung, die durch die Übertragungslinsen verursacht wird, mittels des optischen Objektivsystems wegen der Wirkung der konkaven Oberfläche des Meniskus 103 in eine positive Richtung umgewandelt. Daher wird eine Feldkrümmung, die in einem gesamten optischen Betrachtungssystem für starre Endoskope auftritt, korrigiert.

Ein optisches Objektivsystem für starre Endoskope, das in der nicht geprüften japanischen Patentveröffentlichung Nr. 5-288986 offenbart ist, weist, wie in Fig. 23 dargestellt, ein vorderseitiges zerstreues System 110 einschließlich eines Negativmeniskus mit einer asphärischen Oberfläche, und ein rückseitiges System 111 mit sammelnder Wirkung auf, das aus zumindest zwei Linsenelementen einschließlich einer Verbundlinse bzw. verbundenen Linse besteht. Die Verbundlinse 112 in einer nachfolgenden Stufe wird durch das Verbinden von drei Linsen hergestellt.

Ferner weist ein optisches Objektivsystem für starre Endoskope, das in der ungeprüften japanischen Patentveröffentlichung Nr. 60-140312 offenbart ist, wie in Fig. 24 dargestellt, ein Retrofokusobjektiv vom Typ einer Objektivlinse 121 und eine Brechungsindex-Verteilungslinse 122 zum Übertragen eines Bildes auf, das durch die Objektivlinse 122 ausgebildet wird.

Eine Hauptströmung in den Instituten für Orthopädie, Geburtshilfe und Gynäkologie sowie Urologie, die die Anwendungsgebiete starrer Endoskope für medizinische Untersuchungen sind, richtet sich zur Zeit auf starre Endoskope, deren Einführteile einen Außendurchmesser von 4 mm aufweisen. Für ein solches starres Endoskop wird eine Linse mit einem Außendurchmesser von 3 mm oder weniger verwendet. Eine Hauptströmung richtet sich darüber hinaus auf eine Betriebsart, bei der eine kompakte CCD-Kamera an einer Okulareinheit eines starren Endoskops befestigt ist und eine Diagnose unter Verwendung eines Fernsehmonitors ausgeführt wird.

Diese Art eines starren Endoskops wird für Anwendungszwecke in den Körper eines Patienten eingeführt. Bei einer Anstrengung, das starre Endoskop weniger invasiv bzw. verletzend auszugestalten, um die Belastung für einen Patienten zu verringern, wird gefordert, ein starres Endoskop mit einem geringeren Durchmesser zu entwickeln, z. B. ein starres Endoskop, dessen Einführteil einen Außendurchmesser von etwa 3 mm und dessen Linse einen Außendurchmesser von 2 mm oder weniger aufweist.

Wenn das Einführteil eines starren Endoskops dünner gemacht wird, wird der Außendurchmesser der Linsen kleiner. Der kleinere Außendurchmesser von Linsen führt im allgemeinen zu einer Verschlechterung hinsichtlich verschiedener Arten der optischen Leistung.

Wenn der Außendurchmesser von Linsen kleiner gemacht wird, verschlechtert sich erstens die Helligkeit eines Bildes. Bei einer Anstrengung, helle Bilder sicherzustellen, werden auf Linsen, die ein optisches System für ein starres Endoskop mit großem Durchmesser ausbilden, bezogene Daten mit Koeffizienten multipliziert und ein optisches System für ein dünnes starres Endoskop wird auf Grundlage der sich daraus ergebenden Daten verwirklicht. Jedoch wird die Gesamtlänge des optischen Systems kleiner. Im Gegensatz dazu wird zum Sicherstellen einer bestimmten Gesamtlänge die Anzahl von Übertragungslinsen erhöht. Dies führt zu einer Zunahme der Anzahl von Linsen. Das Erhöhen der Anzahl von Übertragungslinsen ist daher aus Kostengründen beschränkt. Die Helligkeit, die aufgrund des dünneren Durchmessers geboten wird, ist daher im Vergleich zu der unterlegen, die durch das starre Endoskop mit großem Durchmesser geboten wird.

Zweitens verschlechtert sich die Bildqualität. Ein Spielraum hinsichtlich des inneren Durchmessers eines zylindrischen, mechanischen Rahmens zum Halten der Linsen, die in einem starren Endoskop aufgenommen sind, und ein Spielraum hinsichtlich des Außendurchmessers der Linsen hängen von den Fertigungsmöglichkeiten ab und bleiben im wesentlichen konstant. Je kleiner der Außendurchmesser eines optischen Objektivsystems ist, desto relativ größer wird ein Spalt zwischen den Linsen und dem zylindrischen, mechanischen Rahmen. Dies bewirkt, daß sich die Linsen in hohem Maße neigen. Die Neigung der Linsen führt zu einem einseitig defokussierten Bild und hat eine verschlechterte Bildqualität zur Folge. Dies bietet ein Problem insofern, als daß eine einseitige Defokussierung während dem Zusammenbau wegen der Neigung der Linsen wahrscheinlich auftritt, obwohl ein Aufbau eine ausreichende Leistungsfähigkeit garantiert. Schließlich wird die endgültige Bildqualität schlecht.

Bei den unlängst vorgenommenen Verbesserungen hinsichtlich der Leistungsfähigkeit eines CCD wurde dessen Empfindlichkeit verbessert. Um mit dem zuvor genannten Problem der Helligkeit fertig zu werden, kann der Durchmesser eines Einführteils weiter verringert werden. Jedoch kann ein bekanntes optisches Objektivsystem für starre Endoskope das zuvor genannte Problem der Verschlechterung der Bildqualität nicht lösen.

Insbesondere wenn das optische Objektivsystem, das in der japanischen Patentveröffentlichung Nr. 4-14324 offenbart ist, an ein starres Endoskop angepaßt wird, bei dem der Durchmesser der Linsen 2 mm oder weniger beträgt, dann ist die Dicke einer Gruppe Positivlinsen oder eines Meniskus so klein, daß die Linsen sich wahrscheinlich neigen. Dies führt zu einem Problem der Verschlechterung der Bildqualität. Daneben ist es

schwierig, die Linsen während des Zusammenbaus handzuhaben, da die Linsen klein sind. Dies führt zu einem Problem einer schlechten Zusammenbau-effizienz.

Bei der ungeprüften japanischen Patentveröffentlichung Nr. 5-288986 ist es wahrscheinlich, daß sich die Verbundlinse neigt, da sie eine geringe Länge aufweist. Ähnlich wie bei der japanischen Patentveröffentlichung Nr. 4-14324 besteht bei der Veröffentlichung Nr. 5-288986 das Problem der Verschlechterung der Bildqualität.

Ferner besteht bei der ungeprüften japanischen Patentveröffentlichung Nr. 60-140312 ein zusammenbaubezogenes Problem insofern, als daß ein Bild auf zumindest einer Fläche einer Objektivlinse konvergiert bzw. gesammelt wird und Staub auf einem Bildschirm, der an der letzten Fläche befestigt ist, sichtbar wird. Daneben kann nicht gesagt werden, daß die Länge einer Verbundlinse ausreichend ist. Es besteht also das Problem der Verschlechterung der Bildqualität, die aus der Neigung der Linsen abgeleitet wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein optisches Objektivsystem für starre Endoskope zu schaffen, das es möglich macht, bei einem starren Endoskop, dessen Einführteil einen relativ kleinen Außendurchmesser oder insbesondere einen Außendurchmesser von 3 mm oder weniger aufweist, eine Verschlechterung der Bildqualität abhängig von den Bedingungen für den Zusammenbau zu verhindern und die Zusammenbau-effizienz zu verbessern.

Diese Aufgabe wird durch ein optisches Objektivsystem gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche 2 bis 6.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand der Zeichnung näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 bis 15 ein erstes Ausführungsbeispiel;

Fig. 1 eine Schnittansicht, die den Aufbau des distalen Teils eines starren Endoskops darstellt;

Fig. 2 eine Schnittansicht, die den Aufbau eines starren Endoskops mit dem in Fig. 1 dargestellten distalen Teil darstellt;

Fig. 3 ein Diagramm, das den Aufbau einer Objektivlinse in dem in Fig. 1 dargestellten starren Endoskop darstellt;

Fig. 4 ein Diagramm, das Abweichungen oder Zustände des in Fig. 2 dargestellten starren Endoskops zeigt, bei dem die Abweichungen auftreten;

Fig. 5 ein Diagramm, das den Aufbau einer ersten Variante der in Fig. 3 dargestellten Objektivlinse zeigt;

Fig. 6 ein Diagramm, das Abweichungen oder Zustände eines starren Endoskops mit der in Fig. 5 dargestellten Objektivlinse darstellt, bei der die Abweichungen auftreten;

Fig. 7 ein Diagramm, das den Aufbau einer zweiten Variante der in Fig. 3 dargestellten Objektivlinse zeigt;

Fig. 8 ein Diagramm, das Abweichungen oder Zustände eines starren Endoskops mit der in Fig. 7 dargestellten Objektivlinse darstellt, bei der die Abweichungen auftreten;

Fig. 9 ein Diagramm, das den Aufbau einer dritten Variante der in Fig. 3 dargestellten Objektivlinse zeigt;

Fig. 10 ein Diagramm, das Abweichungen oder Zustände eines starren Endoskops mit der in Fig. 9 dargestellten Objektivlinse zeigt, bei der die Abweichungen auftreten;

Fig. 11 ein Diagramm, das den Aufbau einer vierten Variante der in Fig. 3 dargestellten Objektivlinse zeigt;

Fig. 12 ein Diagramm, das Abweichungen oder Zustände eines starren Endoskops mit der in Fig. 11 gezeigten Objektivlinse darstellt, bei der die Abweichungen auftreten;

Fig. 13 ein Diagramm, das den Aufbau einer fünften Variante der in Fig. 3 dargestellten Objektivlinse darstellt;

Fig. 14 ein Diagramm, das Abweichungen oder Zustände eines starren Endoskops mit der in Fig. 13 dargestellten Objektivlinse zeigt, bei der die Abweichungen auftreten;

Fig. 15 ein Diagramm, das den Aufbau einer zweiten Übertragungslinse in dem in Fig. 13 gezeigten starren Endoskop darstellt;

Fig. 16 bis 20 ein zweites Ausführungsbeispiel;

Fig. 16 eine Schnittansicht, die den Aufbau des distalen Teils eines starren Endoskops darstellt;

Fig. 17 eine schräg betrachtete Ansicht, die das Erscheinungsbild eines Objektivrahmens zeigt, der in Fig. 16 dargestellt ist;

Fig. 18 ein Diagramm, das den Aufbau einer Variante einer Objektivlinse zeigt, die in Fig. 16 dargestellt ist, wobei sie ein 70°-Prisma aufweist;

Fig. 19 ein Diagramm, das den Aufbau einer ersten Variante der Objektivlinse, die in Fig. 16 dargestellt ist, mit einem 12°-Prisma zeigt;

Fig. 20 ein Diagramm, das den Aufbau einer zweiten Variante der Objektivlinse zeigt, die in Fig. 16 dargestellt ist, wobei sie ein 12°-Prisma aufweist;

Fig. 21 ein Diagramm, das den Aufbau einer dritten Variante der Objektivlinse, die in Fig. 16 dargestellt ist, mit einem 12°-Prisma darstellt;

Fig. 22 bis 24 Stand der Technik, wobei

Fig. 22 ein Diagramm ist, das den Aufbau eines optischen Objektivsystems für starre Endoskope entsprechend einem ersten Stand der Technik darstellt;

Fig. 23 ein Diagramm ist, das den Aufbau eines optischen Objektivsystems für starre Endoskope gemäß einem zweiten Stand der Technik darstellt; und

Fig. 24 ein Diagramm ist, das den Aufbau eines optischen Objektivsystems für starre Endoskope gemäß einem dritten Stand der Technik zeigt.

#### Erstes Ausführungsbeispiel

Ein starres Endoskop 1 dieses Ausführungsbeispiels weist, wie in Fig. 1 dargestellt, auf: einen stabähnlichen Abschnitt 11, der durch entsprechendes Anordnen einer Objektivlinse 2 und z. B. sieben Übertragungslinsen 3(1)

bis 3(7) in dieser Reihenfolge von einer Gegenstandsseite aus (einer distalen Seite) und Einsetzen von Lichtleitfasern 4 parallel zu den Linsen hergestellt wird, wobei er aufgebaut ist, in einen menschlichen Körper eingeführt zu werden, aus einem Metall hergestellt ist und als ein äußeres Rohr bezeichnet wird; einen Lichtleiter-Verbindungsabschnitt 12, der sich vom proximalen bzw. benutzerseitigen Ende des stabförmigen Abschnitts 11 erstreckt, um so die Lichtleitfasern 4 mit einer Lichtquelleneinheit zu verbinden, die nicht dargestellt ist, so daß Beleuchtungslicht, das von der Lichtquelleneinheit ausgeht, durch die Lichtleitfasern wandern kann; und einen Grundabschnitt bzw. Basisabschnitt 12, der mit einer proximalen Oberfläche der Übertragungslinse 3(7) optisch verbunden ist und eine Okulareinheit 7 umfaßt, in der eine Okularlinse 5 und ein Deckglas 6 aufgenommen sind.

Der stabähnliche Abschnitt 11 des starren Endoskops 1 weist, wie in Fig. 2 dargestellt, einen dreifachgeschichteten bzw. dreiteiligen Aufbau auf, der von der Außenseite aus in dieser Reihenfolge aus einem äußeren Rohr 21, einem Fiber- bzw. Faserrohr 22 und einem Systemrohr 23 zusammengesetzt ist.

Das Faserrohr 22 ist in das äußere Rohr 21 eingesetzt und darin festgelegt und ist ein zylindrisches Element zum Festlegen der Lichtleitfasern 4 dadurch, daß sie in Zusammenarbeit mit dem äußeren Rohr 21 geschichtet angeordnet werden. Das Systemrohr 23 ist in das Faserrohr 22 eingesetzt.

Das Systemrohr 23 ist ein zylindrisches Element, das für eine optische Linse Platz bietet, die aus der Objektivlinse 2 und Übertragungslinsen 3(1) bis 3(7) besteht. Die Objektivlinse 2 und die Übertragungslinsen 3(1) bis 3(7) sind in das Systemrohr 23 eingesetzt. Die Objektivlinse 2 kann in das Systemrohr 23 gesetzt werden, nachdem es in einen zylindrischen Rahmen gesetzt und darin festgelegt ist, auf den als Objektivrahmen Bezug genommen wird, der ein optisches Objektivsystem außer einem Deckglas aufnimmt. Bei diesem Ausführungsbeispiel wird der Objektivrahmen nicht verwendet, sondern die Objektivlinse 2 und die Übertragungslinsen 3(1) bis 3(7) sind direkt in das Systemrohr 23 eingesetzt.

Die Objektivlinse 2, die als ein optisches Objektivsystem für starre Endoskope dient, weist ein Deckglas 31, eine plankonkave Linse 32, ein 30°-Prisma 33, eine plankonvexe Positivlinse 34 und eine Verbundlinse 35 auf. Das Deckglas 31 weist auf der Bildseite eine konkave Oberfläche auf und ist an einem distalen Rahmen 30, der als ein Teil des äußeren Rohrs 21 ausgebildet ist, mittels eines Lötvorgangs oder dergleichen befestigt. Der Hauptbestandteil des Deckglases 31 ist z. B.  $Al_2O_3$ .

Wie in Fig. 3 dargestellt, ist die plankonkave Linse 32 an dem 30°-Prisma 33 angekittet bzw. befestigt. Die plankonkave Linse 32 und das Deckglas 31 bilden ein System von Zerstreuungslinsen aus.

Hier wird eine Verfälschung bzw. eine Verzerrung verringert, falls eine asphärische Oberfläche, deren Krümmungsradius sich allmählich von deren optischer Achse zu deren Umfang hin verringert, als eine Oberfläche der Zerstreuungslinse 32 gewählt ist, die hinter dem Deckglas 31 liegt und in dem System der Zerstreuungslinsen bzw. Negativlinsen auf der Gegenstandsseite eingeschlossen ist. Folglich kann ein optisches System verwirklicht werden, das ein Bild erzeugen kann, dessen Umgrenzung bzw. Umfang wenig oder nicht gestört bzw. verzerrt ist.

Das 30°-Prisma 33 besteht aus zwei Prismen; einem ersten Prisma 36, das an einer Stelle liegt, auf die Licht fällt, das aus dem System divergierender Linsen austritt, das aus dem Deckglas 31 und der plankonkaven Linse 32 besteht, und einem zweiten Prisma 37 mit einer ersten und einer zweiten Reflexionsfläche. Die Reflexionsflächen des 30°-Prismas 33 sind mit einer A1-Reflexionsbeschichtung ausgebildet. Vorzugsweise sollte eine mehrschichtige, reflexionserhöhende Schicht oder dergleichen an der A1-Reflexionsbeschichtung aufgebracht sein, um die Reflektivität zu erhöhen. Das 30°-Prisma 33 ist an der plankonvexen Positivlinse 34 befestigt bzw. angekittet.

Die Verbundlinse 35 besteht aus einer bikonvexen Positivlinse 38, einer konkavplanen stabähnlichen Linse 39 und einer plankonvexen Linse 40. Falls die konkavplane stabähnliche Linse 39 und die plankonvexe Linse 40 in einem einheitlichen Körper bzw. Gehäuse ausgebildet sind, verbessert sich die Zusammenbaueffizienz. Dies wird bevorzugt.

Bei diesem Ausführungsbeispiel weist die Positivlinse 34, die mit dem 30°-Prisma 33 und der Verbundlinse 35 vereinigt ist, keinen Abstandshalter (Füllrohr) auf, der ein röhrenförmiges mechanisches Element ist, das an einem Objektivrahmen anzukitten bzw. zu befestigen ist, um einen Abstand zwischen diesen zu erhalten, sondern sie sind an dem Systemrohr 23 angekittet.

Nimmt man auf Fig. 2 Bezug, so weist das Systemrohr 23 kleine Löcher 41 auf. Durch Auffüllen der Löcher 41 mit einem Klebemittel bzw. Haftmittel werden die Positivlinse 34 und die Verbundlinse 35 direkt an dem Systemrohr 23 angekittet.

Ein Abstandshalter 42, der einen Abstand zwischen der Verbundlinse 35 und der Übertragungslinse 3(1) ausbildet, ist hinter der Verbundlinse 35 eingesetzt. Die Übertragungslinsen 3(2) bis 3(7) sind aufeinanderfolgend abwechselnd mit Abstandshaltern 42 eingesetzt.

Tabelle 1 listet Datenelemente auf, die sich auf Linsen in dem starren Endoskop 1 dieses Ausführungsbeispiels beziehen, und Fig. 4 stellt Abweichungen bzw. Aberrationen dar. Die optischen Parameter, die sich auf die Objektivlinse 2 beziehen, sind wie folgt (Die nachfolgenden Entfernungsangaben sind in mm angegeben): eine Brennweite  $f = 1,000$ ; eine numerische Apertur  $NA = 0,087$ ; die Höhe eines Bildes  $Imh = 0,716$ ; ein Gegenstandsabstand von 7,383; ein Sichtfeldswinkel bzw. Blickwinkel  $2\omega = 88^\circ$ ; der Außendurchmesser der Verbundlinse 35  $\varnothing = 2,000$ , die Dicke der Verbundlinse 35  $d = 6,499$   $d/\varnothing = 3,250$ ; die Länge der optischen Achse der Positivlinse 38 der Verbundlinse 35  $d_1 = 1,733$ ; die Länge der optischen Achse des Teils der Verbundlinse 35, das der Positivlinse 38 folgt  $d_2 = 4,866$ ;  $|f_c/f| = 0,524$  (wo  $f_c$  die Brennweite der Zerstreuungs- bzw. Negativlinse 35 ist);  $R_1/R_2 = 3,443$  (wo  $R_1$  der Krümmungsradius der konkaven Oberfläche des Deckglases 31 und  $R_2$  der Krümmungsradius einer Oberfläche der Zerstreuungslinse 35 ist, die der Bildseite am nächsten liegt); und  $Di/\varnothing = 1,132$  (wo  $Di$  der Abstand zwischen einer Oberfläche der Verbundlinse 35, die der Bildseite am nächsten ist, und einem Bild ist, das unmittelbar hinter dem optischen Objektivsystem ausgebildet wird).

Tabelle 1

S	R	D	n	v	
1	$\infty$	0,2237	1,76820	71,79	5
2	1,8178	0,1678	1,		10
3	$\infty$	0,2237	1,69680	55,53	
4	0,5280	0,1678	1,		
5	$\infty$	1,4423	1,78590	44,19	15
6 (Pupille)	$\infty$	3,2224	1,78590	44,19	
7	-2,1030	1,3535	1,		20
8	3,1926	1,6332	1,56873	63,16	
9	-1,5538	4,3067	1,84666	23,78	
10	$\infty$	0,5593	1,84666	23,78	25
11	-8,0251	6,1171	1,		
12	13,9840	1,1186	1,88300	40,78	30
13	$\infty$	15,2022	1,51633	64,15	
14	-3,3984	0,4475	1,59551	39,21	
15	-7,0161	7,6402	1,		35
16	7,0161	0,4475	1,59551	39,21	
17	3,3984	15,2022	1,51633	64,15	
18	$\infty$	1,1186	1,88300	40,78	40
19	-13,9840		1,		45

Dabei bezeichnet S eine Linsenoberflächennummer, R den Krümmungsradius einer Linsenoberfläche, D den Abstand zwischen Linsenflächen, n einen Brechungsindex und v die Abbesche Zahl. Die Nummern S12 bis S19 gehören zu Datenelementen, die sich auf die Übertragungslinse 3(1) beziehen. Als Datenelemente, die zu den Linsenoberflächennummern gehören, die der Nummer S19 folgen und die die Übertragungslinsen 3(2) bis 3(7) betreffen, werden die gleichen Datenelemente wie jene, die sich auf die Übertragungslinse 3(1) beziehen, sechsmal wiederholt.

Wie vorstehend aufgeführt, werden, sofern die Objektivlinse 2, die als ein optisches Objektivsystem für starre Endoskope dient und in dem starren Endoskop 1 dieses Ausführungsbeispiel aufgenommen ist, betroffen sind, die nachfolgenden Bedingungsausdrücke erfüllt, da  $D/\varnothing = 3,250$ ,  $d_1 = 1,633$  und  $d_2 = 4,866$  ist:

(1)  $2,5 < d/\varnothing < 7$

(2)  $2d_1 < d_2$

Im Bedingungsausdruck (1), der die Bedingung definiert, unter der die Verbundlinse hinsichtlich des Außendurchmessers der Linsen ausreichend lang ist und sich wahrscheinlich nicht neigt, würde die Neigung von Linsen in einem zylindrischen Rahmen zu groß werden, um eine Verschlechterung der Bildqualität zu verhindern, die aus der Exzentrizität der Linsen abgeleitet ist, falls der  $d/\varnothing$ -Wert unter die untere Grenze fällt, die durch den Bedingungsausdruck (1) vorgesehen wird.

Falls der  $d/\varnothing$ -Wert die obere Grenze überschreitet, die durch den Bedingungsausdruck (1) vorgesehen wird, würde eine Menge von perimetrischem Licht bzw. Umfangslicht abnehmen und ein Problem würde in Hinsicht auf eine Aberrationskorrektur auftreten. Falls die Verbundlinse alleine ohne irgendeine Änderung hinsichtlich der Lageanordnungen des Systems divergierender Linsen und der Positivlinse hinsichtlich der Lage eines

unmittelbar hinter der optischen Objektivlinse ausgebildeten Bildes verkürzt werden würde, würde eine Oberfläche der Verbundlinse, die der Bildseite am nächsten liegt, als eine Feldlinsenoberfläche wirken, wobei sie jedoch keine große Brechkraft hätte. Falls Licht, das aus der Richtung eines Bildes fortschreitet, verfolgt wird, neigt das Licht dazu, sich auszuweiten. Da in der Mitte der Verbundlinse eine Verbindungsoberfläche mit negativer Brechkraft liegt, weitet sich das Licht weiter aus. Durch eine Oberfläche des Prismas oder einer positiven Linse am nächsten zur Bildseite oder einer Oberfläche der Verbindungslinse am nächsten dazu wird das Licht behindert bzw. sein Strahlengang versperrt. Dies führt zu einer Verringerung der Menge des Umfangeslichtes.

Während die Länge des optischen Objektivsystems verringert wird, d. h., während ein Abstand zwischen einer Oberfläche der Verbundlinse am nächsten der Bildseite und einem Bild, das unmittelbar hinter dem optischen Objektivsystem ausgebildet wird, verringert wird, nähert sich die Verbindungsoberfläche mit negativer Brechkraft der Lage eines Bildes an, wenn die Verbundlinse kürzer gemacht wird. Licht fällt auf die Verbindungs- bzw. Verbundoberfläche, obwohl das Licht sich nicht vollständig ausgedehnt bzw. ausgebreitet hat. Folglich können eine sphärische Aberration oder eine Asymmetrie- bzw. Komaaberration nicht ausreichend korrigiert werden.

Bei diesem Ausführungsbeispiel wird der Bedingungsdruck (1) erfüllt, um eine Verschlechterung der Bildqualität zu verhindern, die aus der Neigung von Linsen abgeleitet wird, die während des Zusammenbaus auftritt, und so wird die Zusammenbau-effizienz verbessert. Die Verbundlinse wird daher länger gemacht, als eine bekannte Verbundlinse. So werden die vorstehenden Probleme gelöst. Für ein starres Endoskop, dessen Einführteil einen relativ geringen Außendurchmesser oder insbesondere einen Außendurchmesser von etwa 3 mm oder weniger aufweist, kann eine Verschlechterung der Bildqualität abhängig von den Zusammenbaubedingungen verhindert werden und die Zusammenbau-effizienz kann verbessert werden.

Mit anderen Worten, der Neigungswinkel von Linsen, die das optische Objektivsystem in dem zylindrischen mechanischen Rahmen ausbilden, wird kleiner, wenn die Verbundlinse länger gemacht wird. Eine Verschlechterung der Bildqualität, die aus der Neigung von Linsen abgeleitet wird, kann daher verhindert werden. Wenn die Verbundlinse länger gemacht wird, ist ein einfaches Handhaben für den Zusammenbau sichergestellt. Folglich verbessert sich die Montageeffizienz.

Falls die untere Grenze, die durch den Bedingungsdruck (2) gegeben wird, überschritten würde, würde die Verbindungsoberfläche an einer Stelle nahe der Bildlage angeordnet. Licht, das ein perimetrisches Bild bzw. Umfangsbild darstellt, fällt auf die Verbindungsfläche, obwohl sie noch dünn ist. Eine Komaaberration kann daher nicht vollständig korrigiert werden.

Bei diesem Ausführungsbeispiel ist die Verbindungsoberfläche an einer Stelle in der Verbundlinse nahe der Gegenstandsseite angeordnet. Da der Bedingungsdruck (2), der einen Bereich bestimmt, innerhalb dessen eine Aberration vollständig korrigiert werden kann, erfüllt wird bzw. diesem genügt wird, ist das System mit divergierenden bzw. zerstreuen Linsen bzw. Negativlinsen mit einer starken negativen Brechkraft ausgestattet und weist einen geringen Krümmungsradius auf. Achsenferne vorgeschaltete Strahlen werden in hohem Maße gebogen bzw. gebeugt, wodurch eine Komaaberration auftritt. Es wird bewirkt, daß achsenferne nachgeschaltete Strahlen auf den Umfang einer Oberfläche, die nahe einer Eintrittspupille angeordnet ist, und die Verbindungsoberfläche mit negativer Brechkraft fallen, wodurch eine Komaaberration korrigiert wird. Folglich kann eine Verschlechterung der Bildqualität verhindert werden.

Da  $|f_o/f| = 0,524$  gilt, wird bei diesem Ausführungsbeispiel die nachfolgende Bedingungs-gleichung bzw. der nachfolgende Bedingungsdruck erfüllt:

Bedingungsdruck (3)  $0,4 < |f_o/f| < 0,7$ .

Der Bedingungsdruck (3) bestimmt ein Verhältnis der Brennweite des Systems divergierender Linsen, das in dem optischen Objektivsystem aufgenommen ist, zu der des gesamten optischen Objektivsystems.

Falls die obere Grenze, die durch den Bedingungsdruck (3) gegeben wird, überschritten würde, würde die Brennweite des divergierenden Linsensystems bzw. Negativlinsensystems länger. Bei einer Weitwinkel-Betriebsart ist es erforderlich, daß achsenferne Hauptstrahlen hinsichtlich der optischen Achse unter einem Winkel auf eine Oberfläche fallen. Demzufolge wird eine Blockierung des Lichts durch eine Oberfläche der Anordnungs-linse, die am nächsten zur Bildseite liegt, wesentlich. Falls die untere Grenze überschritten würde, würde die Brennweite des Systems divergierender Linsen zu klein werden, um eine Aberration vollständig zu korrigieren. Das optische System würde eine Exzentrizität zulassen, die während des Zusammenbaus auftritt.

Da der Bedingungsdruck (3) erfüllt wird, werden bei diesem Ausführungsbeispiel die vorstehenden Probleme gelöst.

Da  $R_1/R_2 = 3,443$  gilt, wird bei diesem Ausführungsbeispiel darüber hinaus der folgende Bedingungsdruck (4) erfüllt:

Bedingungsdruck (4)  $3 < R_1/R_2 < 30$ .

Der Bedingungsdruck (4) bestimmt das Verhältnis von  $R_1$  zu  $R_2$ , das überwacht werden sollte, für Licht, das durch eine Oberfläche des Deckglases am nächsten zur Gegenstandsseite behindert werden kann. Falls die untere Grenze, die durch den Bedingungsdruck (4) gegeben wird, überschritten würde, würde der Krümmungsradius der konkaven Oberfläche des Deckglases kleiner werden. Es würde schwer werden, eine einseitige Defokussierung einzustellen, die aus der Exzentrizität abgeleitet wird bzw. folgt. Daher besteht eine Gefahr, ein zusammenbaubezogenes Problem zu verursachen. Da der Bedingungsdruck (4) erfüllt wird, wird dieses Problem bei diesem Ausführungsbeispiel gelöst.

Darüber hinaus wird bei diesem Ausführungsbeispiel der nachfolgende Bedingungsdruck (5) erfüllt, da



$Di/\varnothing = 1,132$  gilt:

Bedingungsdruck (5)  $0,4 < Di/\varnothing < 2,5$ .

Falls die untere Grenze, die durch den Bedingungsdruck (5) gegeben wird, überschritten würde, würde eine Linsenoberfläche sich der Lage eines Bildes annähern. Dies verursacht ein Problem insofern, als daß Staub bemerkbar wird, der während des Zusammenbaus an der Linsenoberfläche anhaftet. Die Linsenoberfläche muß daher von der Lage eines Bildes getrennt werden, so daß Staub nicht bemerkbar wird.

Falls die obere Grenze überschritten würde, würde im Gegensatz dazu Licht, das ein Umfangsbild bzw. perimetrisches Bild darstellt, durch den Rand einer Linse behindert, deren Oberfläche zur Bildseite hin am nächsten ist und die in der Verbundlinse aufgenommen ist bzw. eingeschlossen ist. Dies ist so, da ein optisches Objektivsystem für starre Endoskope gewöhnlich telezentrisch ist, wobei Hauptstrahlen, die alle Bilder darstellen, im wesentlichen parallel zur optischen Achse des optischen Systems verlaufen, während untergeordnete Strahlen, die sich von der Lage eines Bildes, das hinter dem optischen Objektivsystem angeordnet ist, zur Seite eines Gegenstandes hin mit einer numerischen Apertur NA erstrecken, die durch die Übertragungslinsen bestimmt ist. Das Behindern des Lichts führt zu einer Abnahme der Menge des perimetrischen Lichtes.

Bei diesem Ausführungsbeispiel wird das vorstehend genannte Problem gelöst, da der Bedingungsdruck (5) erfüllt ist.

Darüber hinaus kann bei der Objektivlinse 2, die als ein optisches Objektivsystem für starre Endoskope dient und die in dem starren Endoskop 1 dieses Ausführungsbeispiels eingeschlossen ist, die Höhe von Strahlen verringert werden, die auf eine erste Oberfläche des Deckglases 31 fallen, da das System aus divergierenden Linsen bzw. Negativlinsen, wie vorstehend ausgeführt, aus dem plankonkaven Deckglas 31 und der plankonkaven Linse 32 besteht. Dies übt insofern eine Wirkung aus, als daß ein Vignettieren bzw. Abschatten eines Bildes verhindert wird, das aus einem Fehler folgt, der während dem Zusammenbau auftritt.

Ferner kann eine Behinderung achsenferner Strahlen verringert werden, da sich zwischen der positiven Linse 34 und der Verbundlinse 35 kein Abstandshalter befindet, sondern eine direkte Befestigung am Systemrohr 23 vorliegt. Dies verhindert eine Abnahme der Menge des Umfangslichtes.

Da das starre Endoskop 1 einen dreischichtigen Aufbau aufweist, der aus dem äußeren Rohr 21, dem Faserrohr 22 und dem Systemrohr 23 zusammengesetzt ist, können darüber hinaus die Komponenten bzw. Bauelemente des optischen Systems zusammengebaut werden, während das Systemrohr 23 entfernt ist. Folglich kann eine einseitige Defokussierung oder dergleichen leicht eingestellt werden. Darüber hinaus kann eine Reparatur leicht ausgeführt werden.

Die Übertragungslinsen 3(n) (n = 1 bis 7) sind nicht auf die Übertragungslinsen beschränkt, die mit den vorstehenden Datenelementen definiert sind, sondern können Übertragungslinsen sein, die durch Datenelemente bestimmt werden, die z. B. in der nachfolgenden Tabelle 3 aufgelistet sind. Fig. 5 stellt den Aufbau einer Objektivlinse 2 in einem starren Endoskop einer ersten Variante dar, bei der Übertragungslinsen verwendet werden, die mit verschiedenen Datenelementen definiert sind. Fig. 6 stellt Abweichungen dar, die bei dem starren Endoskop der ersten Variante auftreten. Tabelle 2 listet Datenelemente auf, die sich auf die Objektivlinse 2 beziehen.

Die optischen Parameter, die sich auf die Objektivlinse 2 der ersten Variante beziehen, sind (bei Längenangaben nachfolgend in mm) wie folgt:  $f = 1,000$ ;  $NA = 0,087$ ;  $Imh = 0,707$ ; Objektstand = 7,301;  $2\omega = 88^\circ$ ;  $\varnothing = 2,000$ ;  $d = 5,925$ ;  $d/\varnothing = 2,962$ ;  $d_1 = 1,652$ ;  $d_2 = 4,273$ ;  $|f_2/f_1| = 0,554$ ;  $R_1/R_2 = 27,540$  und  $Di/\varnothing = 1,493$ .

Tabelle 2

	S	R	D	n	v
5					
	1	$\infty$	0,2212	1,76820	71,79
10	2	11,2724	0,1659	1,	
	3	$\infty$	0,2212	1,69680	55,53
	4	0,4093	0,1659	1,	
15	5	$\infty$	1,4279	1,78590	44,19
	6 (Pupille)	$\infty$	3,1815	1,78590	44,19
20	7	-2,2376	0,4730	1,	
	8	2,9948	1,6522	1,56873	63,16
	9	-1,6021	4,2729	1,84666	23,78
25	10	-6,8705			

Ein starres Endoskop einer zweiten Variante kann ein starres Endoskop sein, das durch Datenelemente bestimmt ist, die in Tabelle 3 aufgelistet sind. Fig. 7 stellt den Aufbau einer Objektivlinse 2 in dem starren Endoskop der zweiten Variante dar und Fig. 8 zeigt Aberrationen bzw. Abweichungen, die bei dem starren Endoskop der zweiten Variante auftreten.

Die optischen Parameter, die sich auf die Objektivlinse 2 beziehen, sind wie folgt:  $f = 1,000$ ;  $NA = 0,087$ ;  $Imh = 0,561$ ; Objektabstand = 8,852;  $2\Omega = 60,20$ ;  $\emptyset = 1,7$ ;  $d = 4,9783$ ;  $d/\emptyset = 2,928$ ;  $d1 = 0,9729$ ;  $d2 = 4,005$ ;  $|f_o/f| = 0,536$  und  $Di/\emptyset = 1,146$ . (Distanzen wieder in mm).

Tabelle 3

S	R	D	n	v	
1	$\infty$	0,2629	1,76820	71,79	5
2	$\infty$	0,1315	1,		
3	$\infty$	0,1753	1,77250	49,60	10
4	0,4137	0,2279	1,		
5	$\infty$	1,2533	1,78590	44,19	15
6 (Pupille)	$\infty$	2,3314	1,78590	44,19	
7	-1,7161	1,2095	1,		
8	2,4366	0,9729	1,56873	63,16	20
9	-1,3129	4,0054	1,84666	23,78	
10	-8,0897	4,7093	1,		
11	7,9855	0,8765	1,88300	40,78	25
12	$\infty$	11,9111	1,51633	64,15	
13	-2,6627	0,3506	1,59551	39,21	
14	-5,4972	5,9862	1,		30
15	5,4972	0,3506	1,59551	39,21	
16	2,6627	11,9111	1,51633	64,15	
17	$\infty$	0,8765	1,88300	40,78	35
18	-10,9567		1,		

Die Nummern S11 bis S18 gehören zu Datenelementen, die sich auf eine Übertragungslinse bei der zweiten Variante beziehen. Als Datenelemente, die zu den Linsenoberflächen mit den Nummern gehören, die der Nummer S18 folgen, und die die Übertragungslinsen 3(2) bis 3(7) betreffen, werden Datenelemente, die durch Multiplizieren bzw. Vervielfachen der Datenelemente der Übertragungslinse 3(1), die zu den Nummern S12 bis S19 in Tabelle 1 gehören, mit Koeffizienten derart gegeben werden, daß eine synthetische Brennweite einer Objektivlinse und Übertragungslinse 1 wird, sechsmal wiederholt.

Bei dieser zweiten Variante ist der Krümmungsradius einer Oberfläche einer Übertragungslinse, die am nächsten der Objektseite liegt, kleiner gemacht, um gegenüber jenen der anderen Übertragungslinsen verschieden zu sein. Hauptstrahlen von achsenfernem Licht davon konvergieren zur Objektseite hin und untergeordnete Strahlen von dieser verlaufen unter einem Winkel zur optischen Achse. Folglich kann eine Behinderung durch den Rand einer Oberfläche einer Verbundlinse am nächsten zur Bildseite verringert werden. Dadurch wird eine Abnahme der Lichtmenge verhindert, die den Perimeter bzw. Umfang eines Bildes darstellt.

Alternativ erfüllen dies auch eine dritte Variante, bei der ähnlich wie bei der zweiten Variante der Krümmungsradius einer Oberfläche einer Übertragungslinse, die der Gegenstands- bzw. Objektseite am nächsten liegt, kleiner gemacht wird, um von jenen der anderen Übertragungslinsen verschieden zu sein, oder eine vierte Variante, bei der der Krümmungsradius einer Oberfläche einer Übertragungslinse nicht gegenüber dem der anderen verschieden ist. Tabellen 4 und 5 listen Datenelemente auf, die Linsen bestimmen, die in den starren Endoskopen der dritten und der vierten Variante eingeschlossen sind. Die Fig. 9 und 11 stellen die Aufbauformen der Objektivlinsen 2 dar, die in den starren Endoskopen der dritten und der vierten Variante eingeschlossen sind. Die Fig. 10 und 12 zeigen Aberrationen, die bei den starren Endoskopen der dritten und der vierten Variante auftreten. Tabelle 6 listet Datenelemente auf, die Linsen definieren, die in einem starren Endoskop einer fünften Variante eingeschlossen sind und Fig. 13 stellt den Aufbau einer Objektivlinse in dem starren Endoskop dar und Fig. 14 stellt Abweichungen dar, die bei dem starren Endoskop auftreten.

Die optischen Parameter, die die Objektivlinse 2 bei der dritten Variante betreffen, sind wie folgt:  $f = 1,000$ ;  $NA = 0,075$ ;  $Imh = 0,696$ ; Objektastand = 7,178;  $2\omega = 78^\circ$ ;  $\varnothing = 1,795$ ;  $d = 7,155$ ;  $d/\varnothing = 4,046$ ;  $d1 = 1,024$ ;  $d2 = 6,238$ ;  $|f_2/f| = 0,48$  und  $D1/\varnothing = 1,437$ .

Tabelle 4

	S	R	D	n	v
5	1	$\infty$	0,2175	1,76820	71,79
	2	$\infty$	0,1631	1,	
10	3	$\infty$	0,2175	1,88300	40,78
	4	0,4241	0,1631	1,	
	5	$\infty$	1,1598	1,78590	44,19
15	6 (Pupille)	$\infty$	3,2628	1,78590	44,19
	7	-2,0393	0,2575	1,	
	8	2,9292	1,0239	1,56873	63,16
20	9	-1,8015	6,2379	1,84666	23,78
	10	-13,2527	6,1309	1,	
	11	6,2315	16,1728	1,58913	61,18
25	12	$\infty$	1,6670	1,	
	13	5,8339	0,9462	1,61272	58,75
	14	-3,6576	2,3928	1,78800	47,39
30	15	3,6576	0,9462	1,61272	58,75
	16	-5,8339	1,6770	1,	
	17	$\infty$	16,1728	1,58913	61,18
35	18	-7,8330	7,5436	1,	
	19	7,8330	16,1728	1,58913	61,18
	20	$\infty$	1,6770	1,	
40	21	5,8339	0,9462	1,61272	58,75
	22	-3,6576	2,3928	1,78800	47,38
	23	3,6576	0,9462	1,61272	58,75
45	24	-5,8339	1,6770	1,	
	25	$\infty$	16,1728	1,58913	61,18
50	26	-7,8330	3,7718	1,	

Bei der dritten Variante gehören die Nummern S11 bis S18 zu Datenelementen, die eine erste Übertragungslinse betreffen, und die Nummern S19 bis S26 gehören zu Datenelementen, die sich auf eine zweite Übertragungslinse beziehen. Als Datenelemente, die zu den Linsenoberflächennummern gehören, die der Nummer S26 folgen und sich auf Übertragungslinsen 3(3) bis 3(7) beziehen, werden Datenelemente gleich jenen der zweiten Übertragungslinse, die zu Nummern S19 bis S26 gehören, fünfmal wiederholt.

Die optischen Parameter, die sich bei der vierten Variante auf die Objektivlinse 2 beziehen, sind, wie folgt:  $f = 1,000$ ;  $NA = 0,075$ ;  $Imh = 0,515$ ; Objektastand = 8,121;  $2\omega = 60^\circ$ ;  $\emptyset = 1,5$ ;  $d = 4,977$ ;  $d/\emptyset = 3,318$ ;  $d1 = 0,836$ ;  $d2 = 4,1411$ ;  $|f_c/f| = 0,646$  und  $D1/\emptyset = 1,028$ .

Tabelle 5

S	R	D	n	v	
1	$\infty$	0,2412	1,76820	71,79	5
2	$\infty$	0,1206	1,		
3	$\infty$	0,1608	1,69680	55,53	10
4	0,4503	0,1287	1,		
5	$\infty$	1,1177	1,78800	47,38	
6 (Pupille)	$\infty$	2,5007	1,78800	47,38	15
7	-1,6074	0,4825	1,		
8	2,4686	0,8363	1,56873	63,16	
9	-1,2930	4,1411	1,84666	23,78	20
10	-6,4078	4,3317	1,		
11	5,7911	11,9569	1,58913	61,18	25
12	$\infty$	1,2399	1,		
13	4,3132	0,6996	1,61272	58,75	
14	-2,7042	1,769	1,78800	47,38	30
15	2,7042	0,6996	1,61272	58,75	
16	-4,3132	1,2399	1,		
17	$\infty$	11,9569	1,58913	61,18	35
18	-5,7911		1,		

Die Nummern S11 bis S18 gehören zu Datenelementen, die sich auf eine Übertragungslinse bei der vierten Variante beziehen. Als Datenelemente, die zu den Linsenflächennummern gehören, die der Nummer S18 folgen und Übertragungslinsen 3(2) bis 3(7) betreffen, werden Datenelemente gleich jenen der Übertragungslinse 3(1), die zu den Nummern S11 bis S19 in Tabelle 1 gehören, sechsmal wiederholt.

Die optischen Parameter, die sich auf die Objektivlinse 2 bei der fünften Variante beziehen, sind wie folgt:  $f = 1,000$ ;  $NA = 0,075$ ;  $l_{mh} = 0,683$ ; Objektabstand = 7,04;  $2\omega = 85^\circ$ ;  $\varnothing = 1,76$ ;  $d = 5,963$ ;  $d/\varnothing = 3,39$ ;  $d_1 = 1,398$ ;  $d_2 = 4,555$ ;  $|f_o/f| = 0,457$ ;  $R_1/R_2 = 3,234$  und  $D_i/\varnothing = 2,12$ .

Tabelle 6

	S	R	D	n	v
5	1	$\infty$	0,2134	1,76820	71,79
	2	1,6940	0,2667	1,	
10	3	$\infty$	0,2134	1,77250	49,60
	4	0,5238	0,2454	1,	
	5	$\infty$	1,5063	1,88300	40,76
15	6 (Pupille)	$\infty$	2,6296	1,88300	40,78
	7	-2,1592	0,5334	1,	
	8	6,3175	1,3975	1,69680	55,53
20	9	-1,2993	0,0107	1,51000	60,00
	10	-1,2993	4,5552	1,84666	23,78
	11	-6,3943	3,7351	1,	
25	12	$\infty$	3,4592	1,	
	13	6,0828	15,8417	1,58913	61,18
	14	$\infty$	1,6237	1,	
30	15	5,7128	0,8854	1,61272	58,75
	16	-3,5886	0,0107	1,51000	60,00
	17	-3,5886	2,5069	1,78800	47,38
35	18	3,5886	0,0107	1,51000	60,00
	19	3,5886	0,8854	1,61272	58,75
	20	-5,7128	1,6237	1,	
40	21	$\infty$	15,8417	1,58913	61,18
	22	-7,6851	7,3815	1,	
45	23	7,6851	15,8417	1,58913	61,18
	24	$\infty$	1,6237	1,	
	25	5,7128	0,8854	1,61272	58,75
50	26	-3,5886	0,0107	1,51000	60,00
	27	-3,5886	2,5069	1,78800	47,38
	28	3,5886	0,0107	1,51000	60,00
55	29	3,5886	0,8854	1,61272	58,75
	30	-5,7128	1,6237	1,	
	31	$\infty$	15,8417	1,58913	61,18
60	32	-7,6851		1,	

65 In Tabelle 6 gehören die Nummern S13 bis S22 zu Datenelementen, die sich auf eine erste Übertragungslinse 3(2) beziehen, die der in Fig. 1 dargestellten Objektivlinse 2 am nächsten liegt. Die Nummern S23 bis S32 gehören zu Datenelementen, die sich auf eine zweite Übertragungslinse 3a ähnlich der einen in Fig. 15 dargestellten beziehen. Datenelemente gleich jenen der zweiten Übertragungslinse 3a werden entsprechend um die erforderliche Anzahl von Übertragungslinsen wiederholt. Bei der ersten Übertragungslinse sind die Krüm-

mungsradien von Oberflächen, die zu den Nummern S13 und S22 gehören, von einander aus dem gleichen Grund verschieden, wie jene bei der zweiten Variante.

Diese Variante weist den Vorteil auf, daß ein Bild, verglichen mit dem anderen Ausführungsbeispiel und Varianten, unter Verwendung einer kleineren Anzahl von Linsen übertragen werden kann.

## Zweites Ausführungsbeispiel

Das zweite Ausführungsbeispiel ist nahezu identisch zu dem ersten Ausführungsbeispiel. Nur ein Unterschied wird beschrieben. Bauelemente gleich jenen beim ersten Ausführungsbeispiel werden die gleichen Bezugszeichen zugewiesen. Die Beschreibung der Bauelemente wird weggelassen.

Datenelemente, die sich auf Linsen beziehen, die in einem optischen System eingeschlossen sind, sind identisch zu jenen beim ersten Ausführungsbeispiel.

Das distale Teil eines stabähnlichen Abschnitts 1 eines starren Endoskops dieses Ausführungsbeispiels besteht, wie in Fig. 16 dargestellt, aus einem äußeren Rohr 21, einem Fiber- bzw. Faserrohr 22 und einem Objektivrahmen 51, die von außen her in dieser Reihenfolge angeordnet sind. Bei diesem Ausführungsbeispiel wird ein Systemrohr ausgeschlossen bzw. weggelassen. Das Teil des stabförmigen Abschnitts 11, das die Übertragungslinsen aufnimmt, weist einen zweischichtigen bzw. -teiligen Aufbau auf.

Ein Deckglas 31, das in einer Objektivlinse 2 eingeschlossen ist, ist in einem ringförmigen mechanischen Element festgelegt, das als ein Rahmen bezeichnet wird, und dann, ähnlich wie bei dem im ersten Ausführungsbeispiel, an einem distalen Rahmen 30 durch Anlöten oder dergleichen befestigt, der als ein Teil des äußeren Rohrs 21 ausgebildet ist. Ein Prisma 33, eine Positivlinse bzw. Sammellinse 34 und eine verbundene Linse bzw. Verbundlinse 35, die ein optisches Objektivsystem ausbilden, sind in den Objektivrahmen 51 eingesetzt und daran mittels Füllöchern 41, die in den Objektivrahmen 51 gebohrt sind, mit einem Klebe- oder Haftmittel fest befestigt.

Ein Teil des distalen Teils des Objektivrahmens 51 auf der Bildseite weist ein Ende davon auf, das an eine Übertragungslinse 3(1) anstößt, so daß es die Rolle eines Abstandshalters zum Bestimmen der Lage der Übertragungslinse 3(1) spielt.

Das andere Teil des distalen Teils des Objektivrahmens 51 weist, wie in Fig. 17 dargestellt, eine schräg geschnittene Fläche 53 auf. Ein optisches System, das das Prisma 33 einschließt, ist in den Objektivrahmen 51 eingesetzt, wobei ein Gesichtsfeld von diesem hinsichtlich der Richtung des schrägen Schnittes in einer vorgegebenen Richtung gerichtet ist.

Um genauer zu sein, der Schnittabschnitt 53 mit einem Abschnitt, dessen Richtung mit dem einer Oberseite eines ersten Prismas 36 konsistent ist bzw. im Einklang steht, das vorgeschaltet angeordnet ist, oder einer Verbindungsfläche zwischen dem ersten Prisma 36 und einem zweiten Prisma 37, das nachgeschaltet angeordnet ist, wird erzeugt, und das Prisma 33 wird gedreht, um für die schräg geschnittene Fläche 53 geeignet angepaßt zu sein, und dann befestigt. Ein distaler Rahmen 30 umfaßt eine Objektivrahmen-Aufnahmeeinrichtung 54 mit einer ähnlich schräg geschnittenen Fläche. Wenn der Objektivrahmen 51 eingesetzt wird, wird die Richtung der optischen Achse des Deckglases 31, das am distalen Rahmen 30 befestigt ist, konsistent zu der der optischen Achse des optischen Objektivsystems, das durch das Prisma 33 bestimmt ist.

Hier weist das Prisma 33 eine Einfallsfläche von diesem außer einer Fläche auf, die durch eine plankonkave Linse 32 beansprucht wird, die unter Verwendung eines Haftmittels befestigt ist, und die z. B. schwarz angestrichen ist. So wird das Einfallen von Licht auf das Prisma 33 außer von Licht, das von der plankonkaven Linse 32 stammt, verhindert. Anstelle des schwarz Anstreichens kann eine lichtunterbrechende Platte oder dergleichen befestigt werden. Ein anderer Aufbau kann auch verwendet bzw. angepaßt werden, solange er das Einfallen von Licht auf das Prisma 33 außer von Licht verhindern kann, das von der plankonkaven Linse 32 stammt.

Die anderen Bauelemente und der Betrieb sind identisch zu jenen des ersten Ausführungsbeispiels. Datenelemente, die sich auf die Linsen beziehen, die in dem starren Endoskop 1 eingeschlossen sind, und Aberrationen, die bei dem starren Endoskop 1 auftreten, sind identisch zu jenen, die in Tabelle 1 aufgelistet und in Fig. 4 dargestellt sind, die sich auf das erste Ausführungsbeispiel beziehen.

Wie vorstehend aufgeführt, bietet dieses Ausführungsbeispiel nicht nur die gleichen Vorteile wie die des ersten Ausführungsbeispiels, sondern es wird ermöglicht, die Richtung eines Gesichtsfeldes bzw. eine Blickrichtung auf eine vorgegebene Richtung durch bloßes Einsetzen der Objektivlinse 1 einzustellen. Dies verbessert die Zusammenbaueffizienz.

Auch eine Objektivlinse 2, die ein 70°-Prisma 61 umfaßt, wie dies in Fig. 18 dargestellt ist, oder Objektivlinsen 2, die ein 12°-Prisma 62 umfassen, wie dies in den Fig. 19 bis 21 dargestellt ist, können den gleichen Betrieb und die gleichen Vorteile bieten.

## Patentansprüche

1. Optisches Objektivsystem für starre Endoskope (1), das in einem optischen Betrachtungssystem für starre Endoskope mit einem optischen Objektivsystem (2) und Übertragungslinsen (3(1)–3(7)) zum Übertragen eines Bildes eines Gegenstands von der Gegenstandsseite aus in dieser Reihenfolge aufweist, wobei das optische Objektivsystem aufweist:

ein System aus zerstreuernden Linsen (31, 32), das zumindest eine Negativlinse (32) aufweist und als Ganzes eine negative Brechkraft aufweist;

eine Positivlinse (34) mit einer konvexen Oberfläche auf der Bildseite und

eine Verbundlinse (35) mit einer Verbindungsoberfläche, von der die konkave Oberfläche zur Gegenstandsseite hin gerichtet ist und die eine negative Brechung bietet, und die als ein Ganzes einen positiven

Brechungsindex bietet,  
wobei die nachfolgenden Bedingungsausdrücke (1) und (2) erfüllt werden:

Bedingungsausdrücke (1)  $2,5 < d/\varnothing < 7$

(2)  $2d_1 < d_2$ ,

wobei  $d$  und  $\varnothing$  die Dicke bzw. den Außendurchmesser der Verbundlinse (35),  $d_1$  die Länge der optischen Achse des vorderseitigen Teils der Verbundlinse relativ zur Verbindungsoberfläche und  $d_2$  die Länge der optischen Achse des rückseitigen Teils von dieser relativ zur Verbindungsfläche bezeichnen.

2. Optisches Objektivsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der folgende Bedingungsdruck (3) erfüllt ist:

Bedingungsdruck (3)  $0,4 < |f_o/f| < 0,7$ ,

wobei  $f_o$  die Brennweite des Systems der zerstreuen Linsen und  $f$  die Brennweite des optischen Objektivsystems bezeichnen.

3. Optisches Objektivsystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das System der zerstreuen Linsen ein Deckglas (31) aufweist, das eine Negativlinse ist, deren konkave Oberfläche zur Bildseite hin gerichtet ist, und dem folgenden Bedingungsdruck (4) genügt:

Bedingungsdruck (4)  $3 < R_1/R_2 < 30$ ,

wobei  $R_1$  den Krümmungsradius einer konkaven Oberfläche des Deckglases (31) und  $R_2$  den Krümmungsradius einer Oberfläche des Systems aus zerstreuen Linsen bezeichnen, die der Bildseite am nächsten liegen.

4. Optisches Objektivsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand zwischen der Verbundlinse (35) und einem unmittelbar hinter dem optischen Objektivsystem ausgebildeten Bild dem folgenden Bedingungsdruck (5) genügt:

Bedingungsdruck (5)  $0,4 < D_i/\varnothing < 2,5$ ,

wobei  $D_i$  den Abstand zwischen einer Oberfläche der Verbundlinse, die der Bildseite am nächsten liegt, und einem Bild, das unmittelbar hinter dem optischen Objektivsystem ausgebildet wird, bezeichnet und  $\varnothing$  den Außendurchmesser der Verbundlinse bezeichnet.

5. Optisches Objektivsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine schräg geschnittene Fläche an einem Teil auf der Gegenseite des distalen Teils eines Objektivrahmens zum Halten des optischen Objektivsystems ausgebildet ist.

6. Optisches Objektivsystem nach einem der Ansprüche 2, 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Außendurchmesser von Linsen, die das optische Objektivsystem bilden, 2 mm oder weniger beträgt.

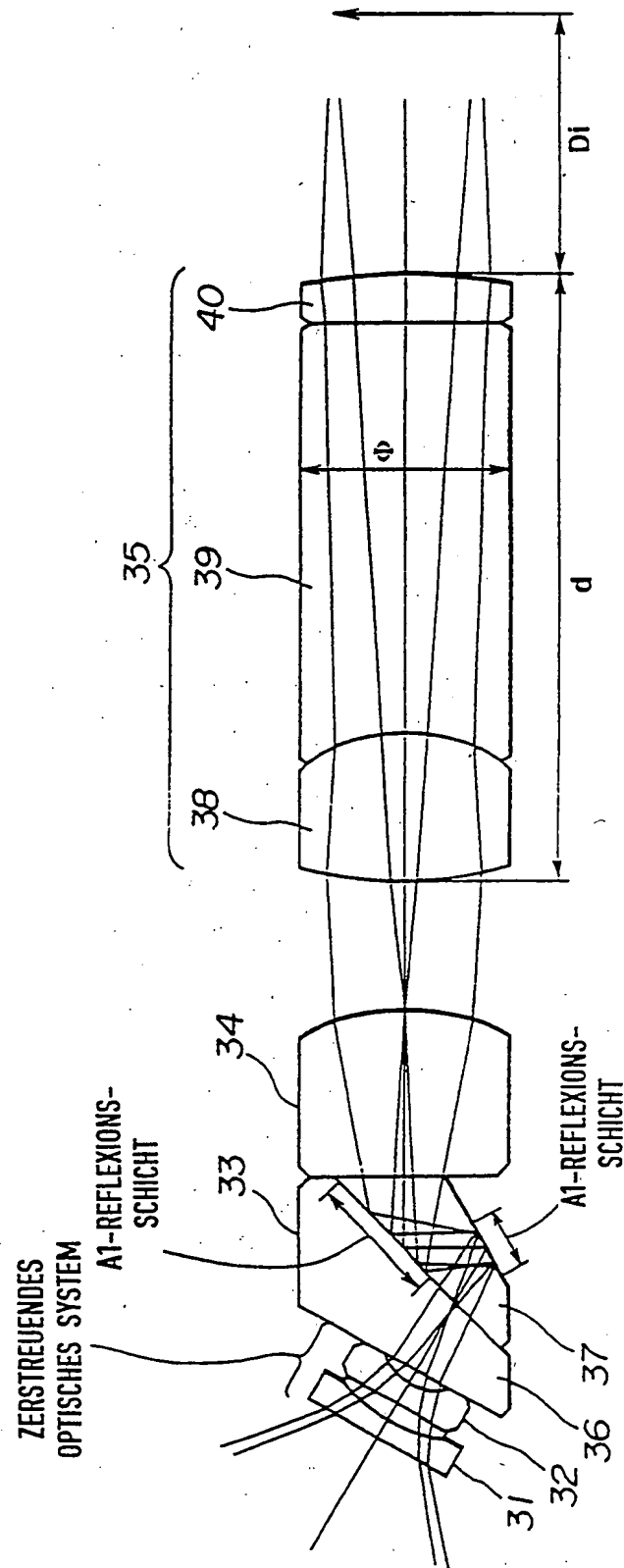
Hierzu 15 Seite(n) Zeichnungen



- Leerseite -

\*

FIG.3



**FIG. 1**

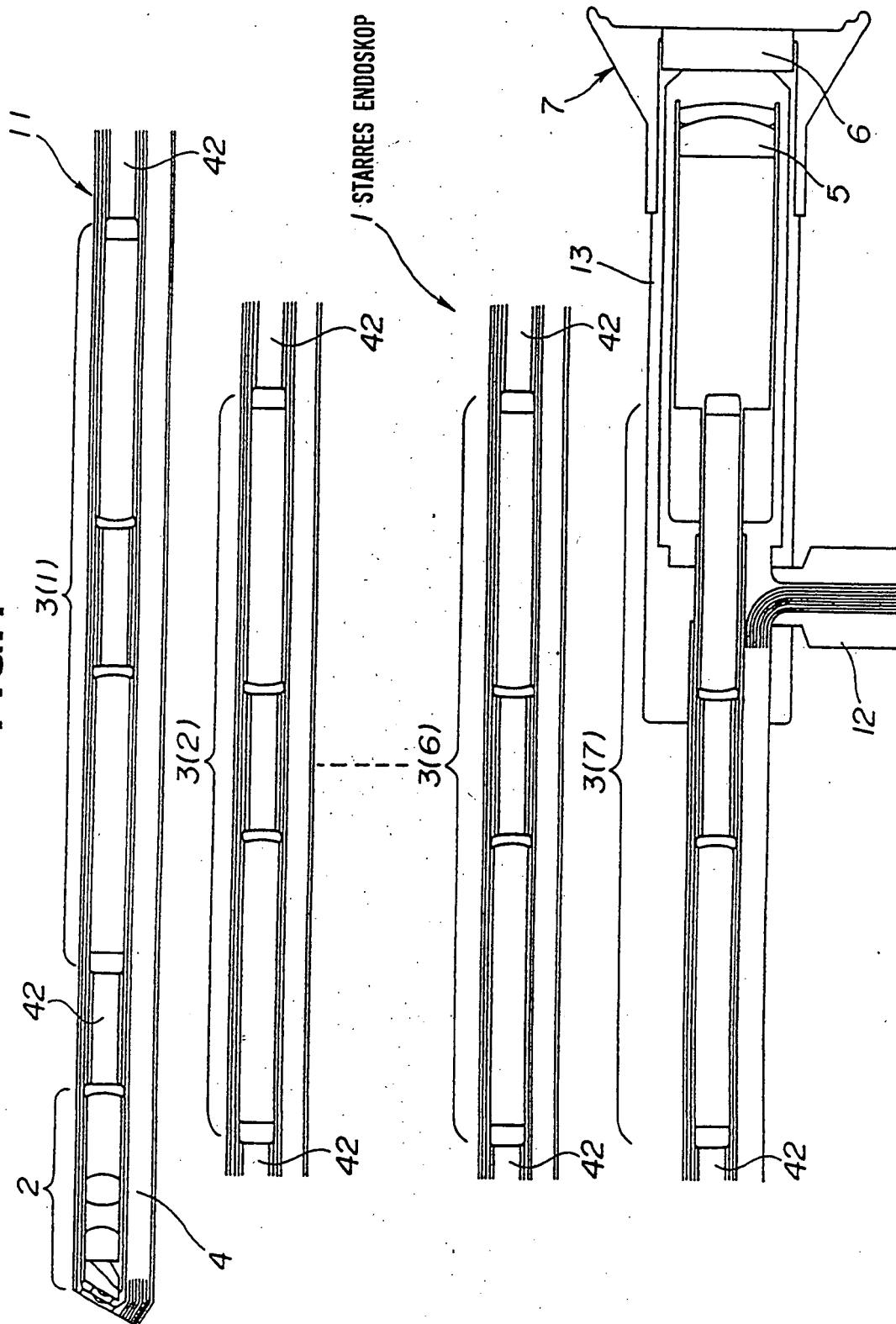


FIG.2

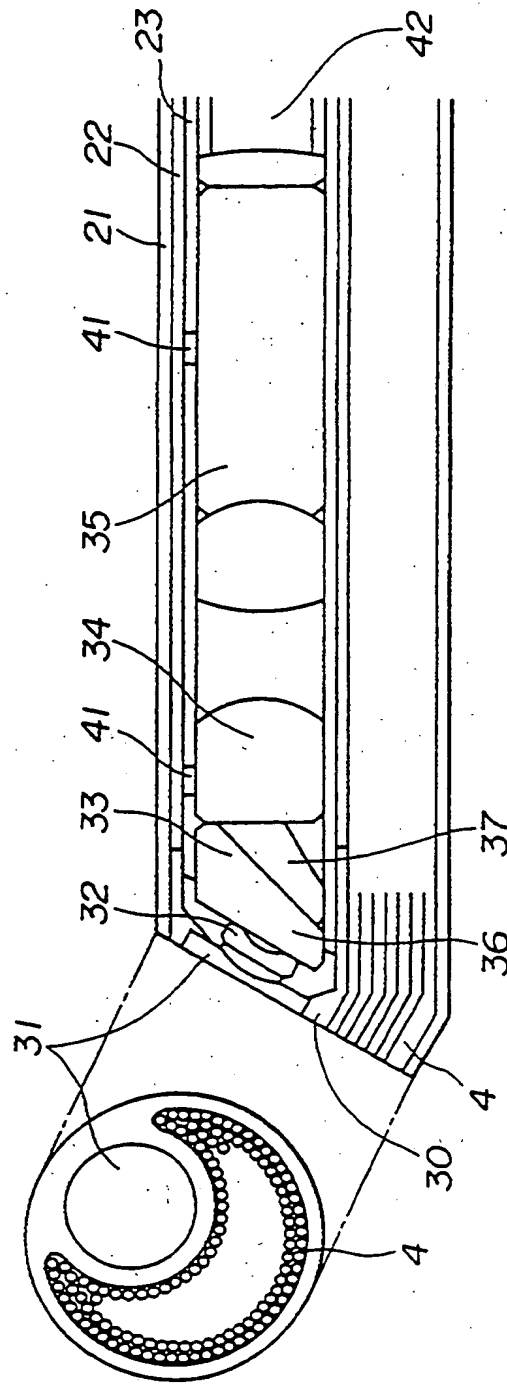


FIG.4

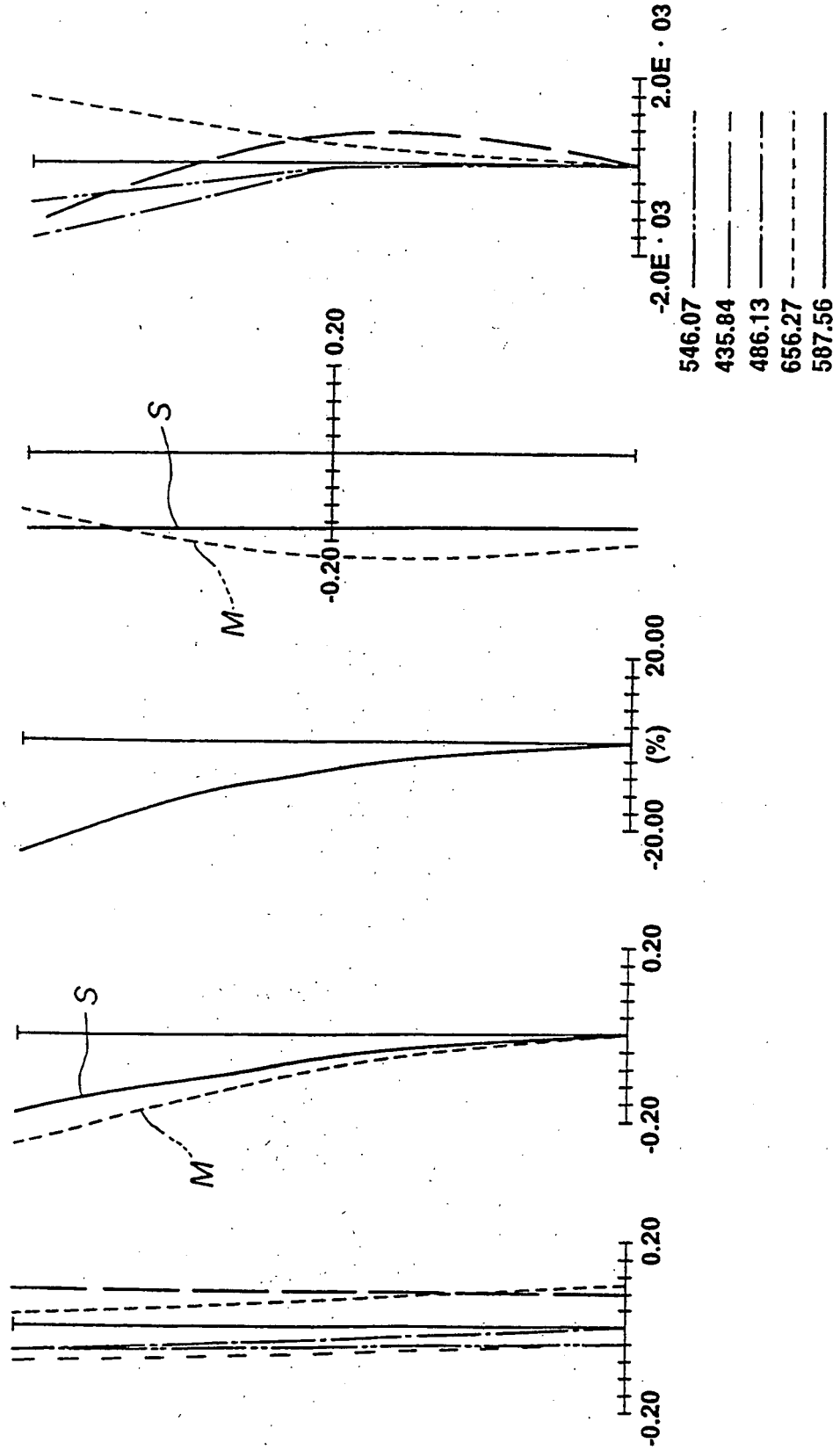
SPHÄRISCHE ABERRATION  
AUSSTRAHLUNGSSEITE  
NA0.078

ASTIGMATISMUS  
Imh-0716

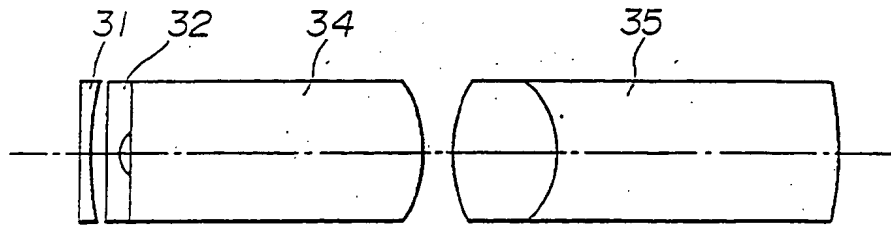
VERZERRUNG

KOMA-  
ABERRATION

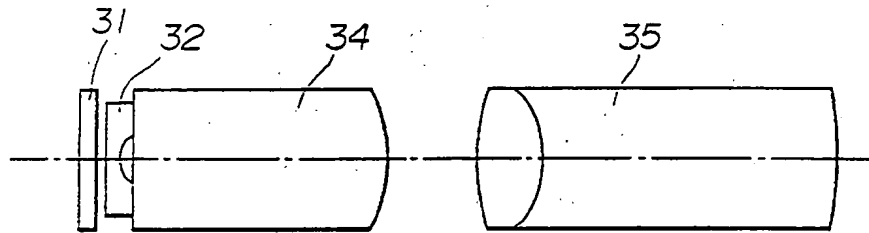
CHROMATISCHE  
ABERRATION BEI  
VERSTÄRKUNG



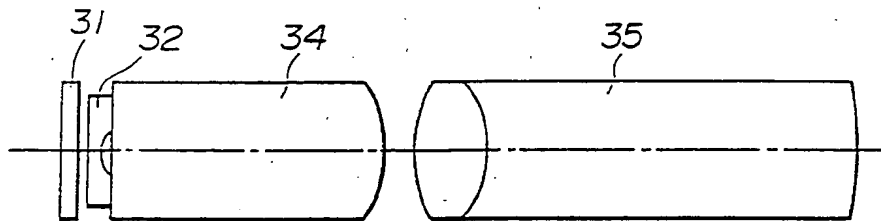
**FIG.5**



**FIG.7**



**FIG.9**



**FIG.11**

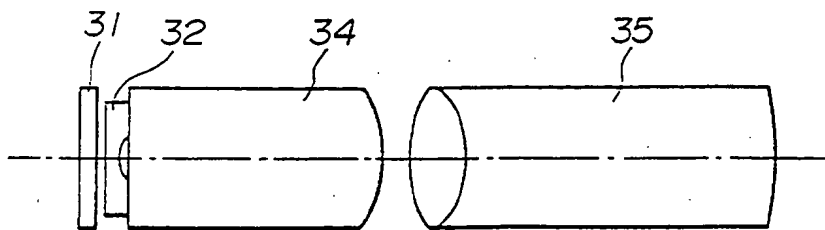




FIG.8

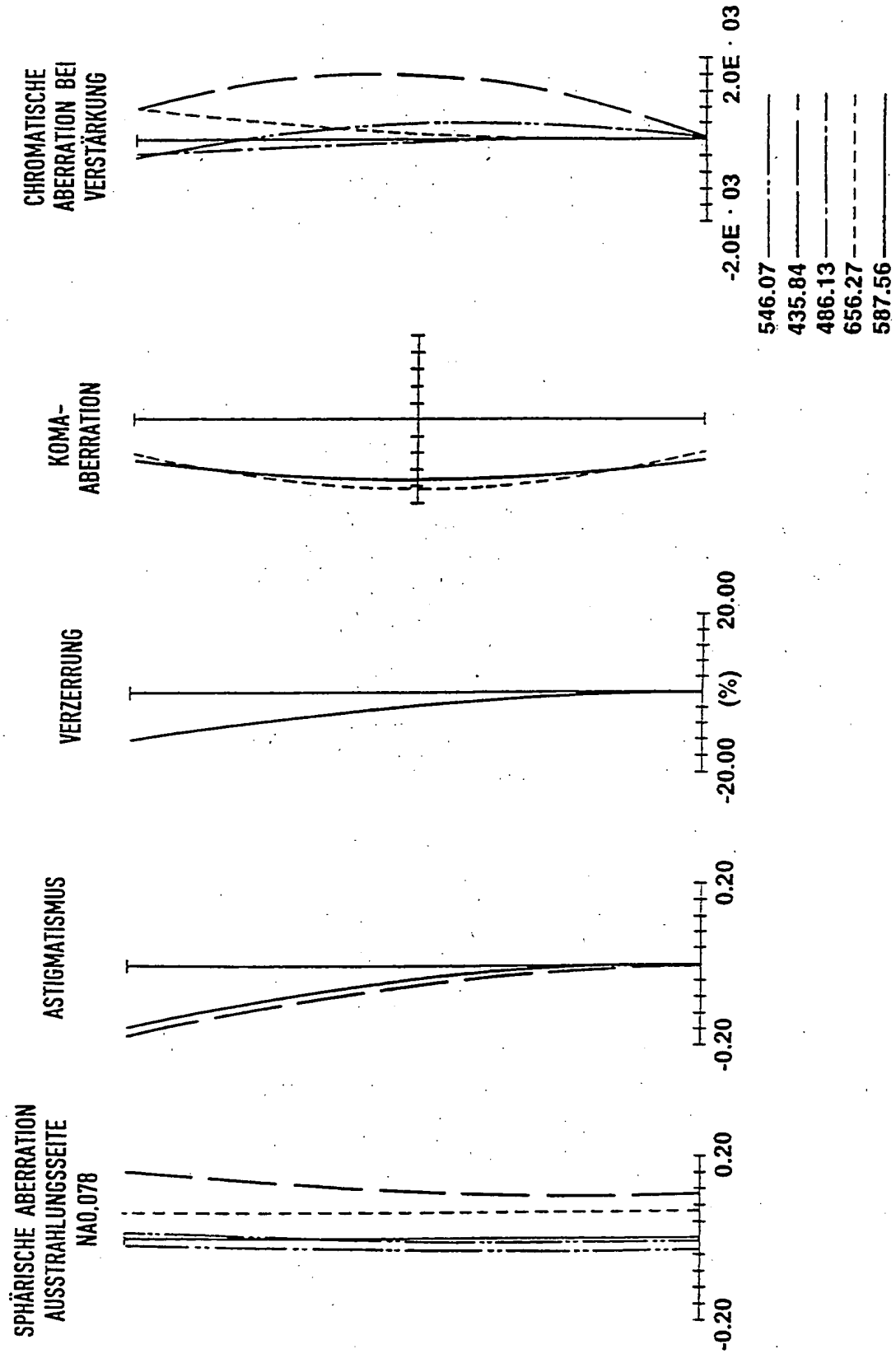
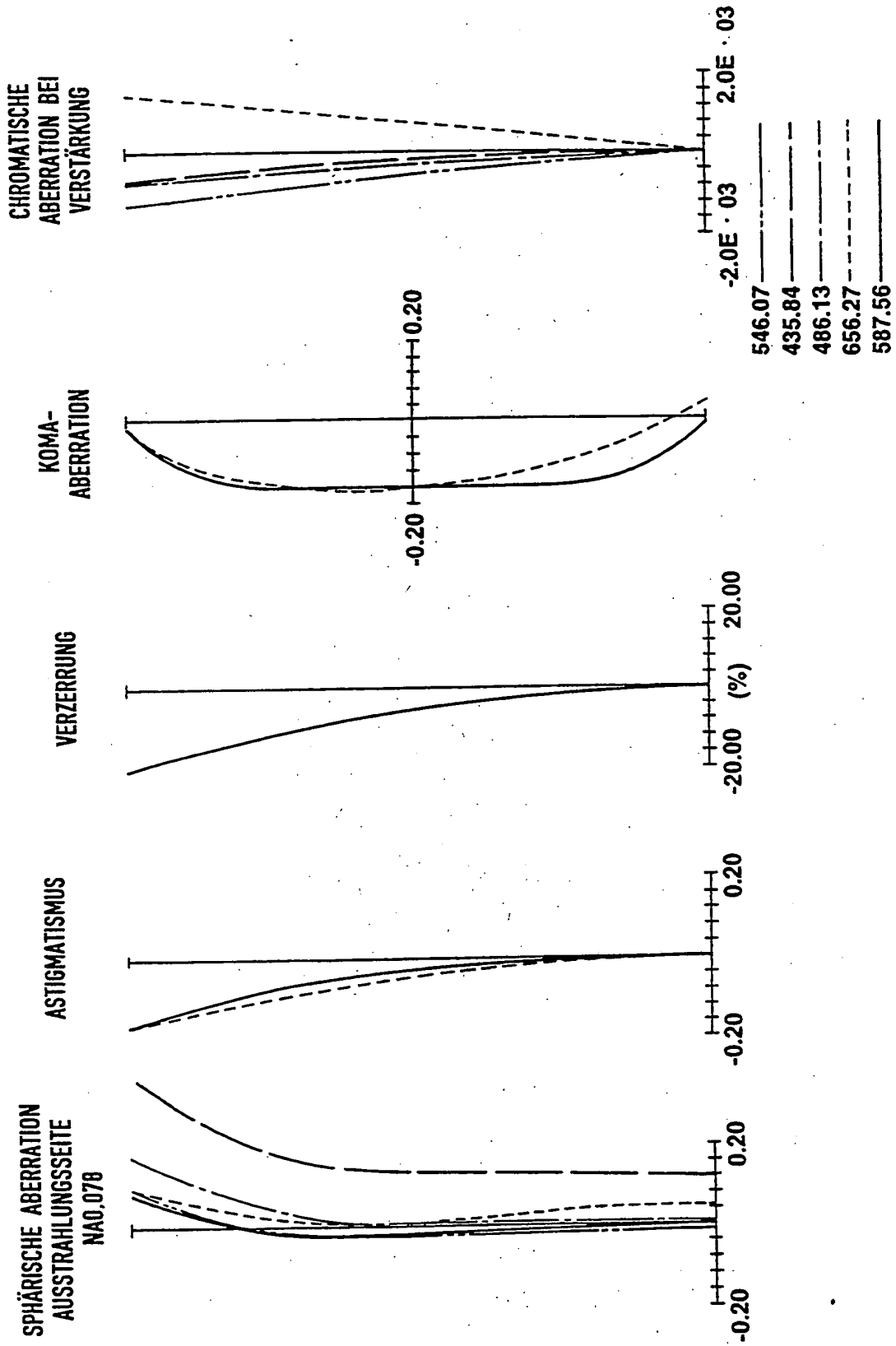




FIG.10



# FIG.12

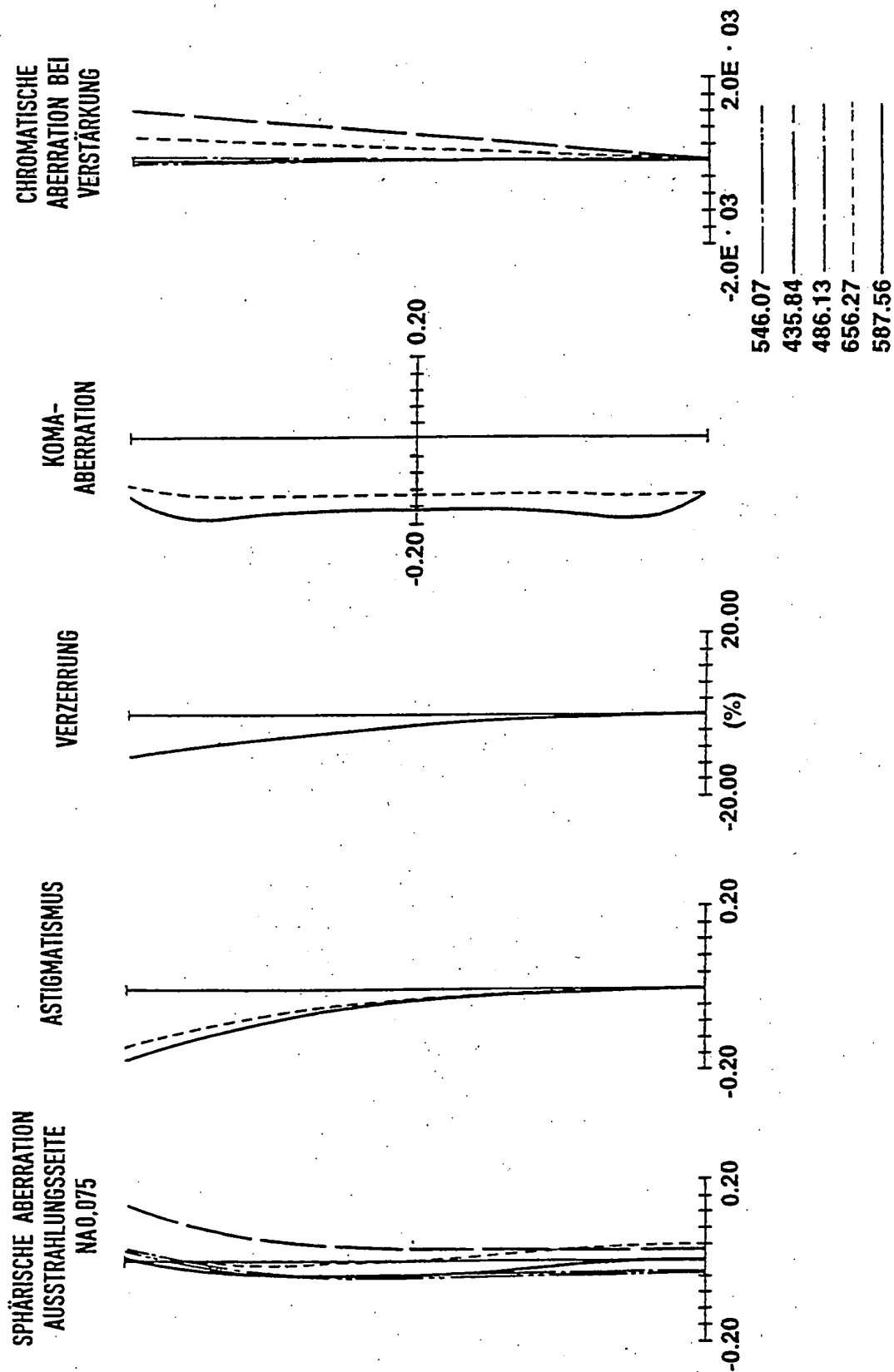


FIG.13

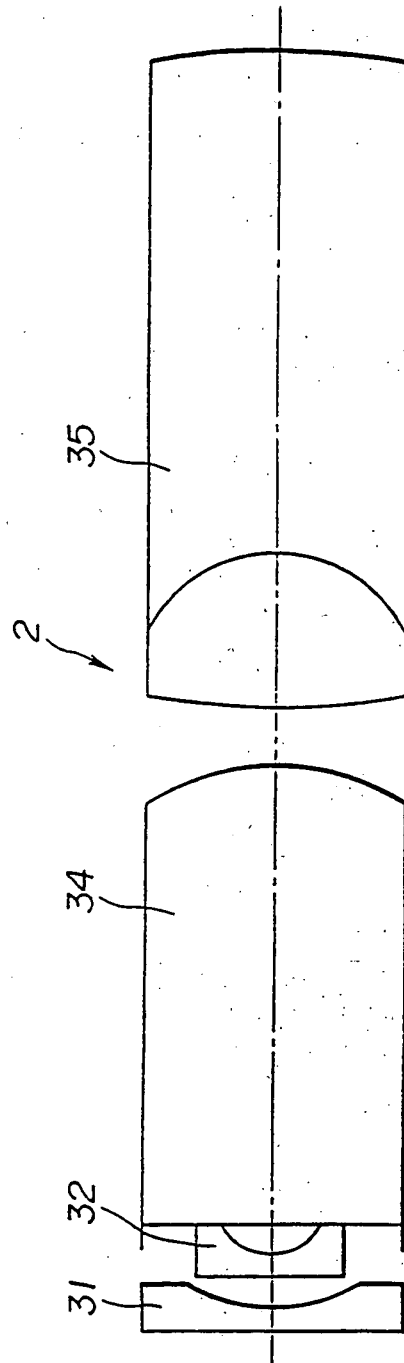


FIG.14

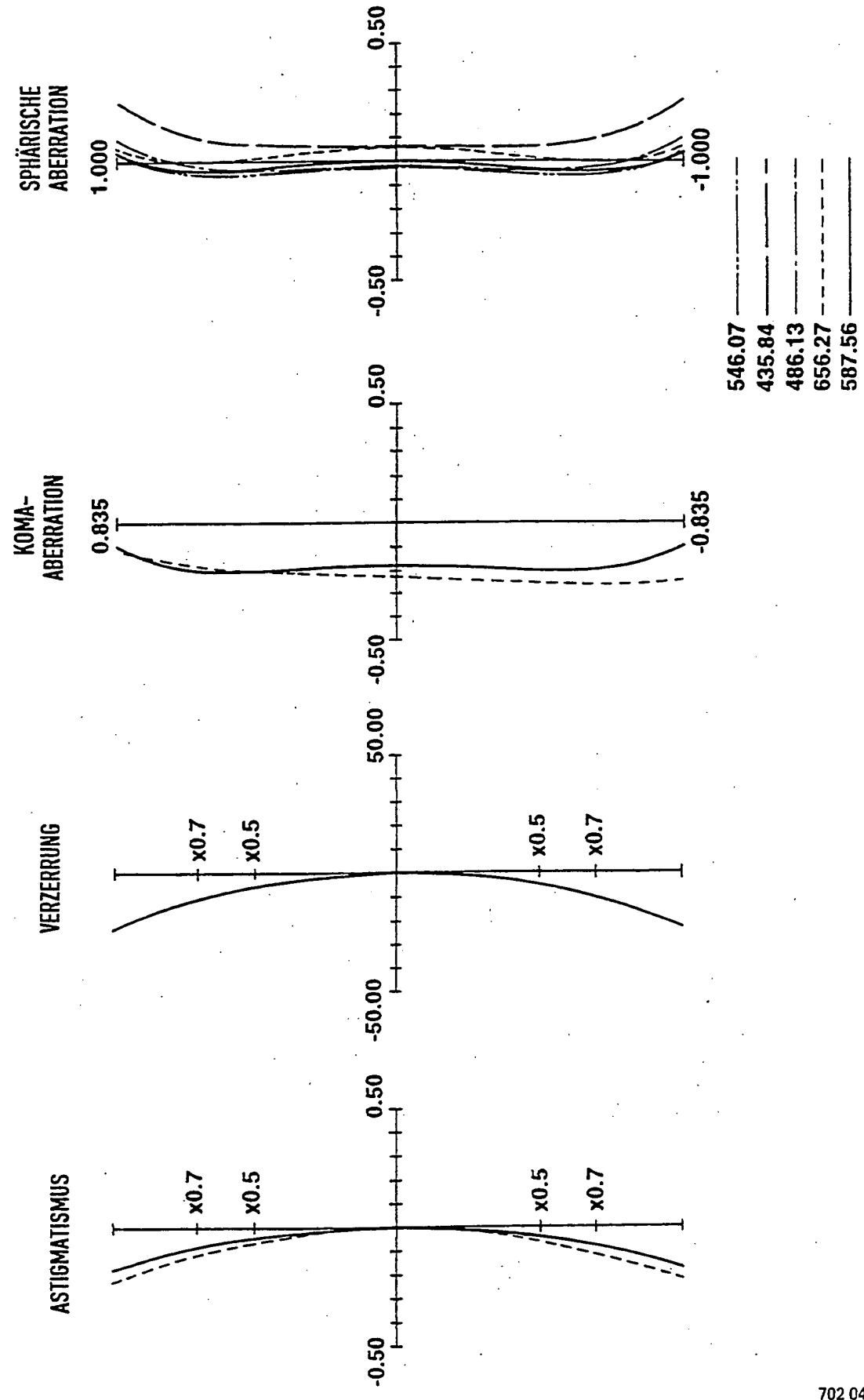


FIG.15

3a

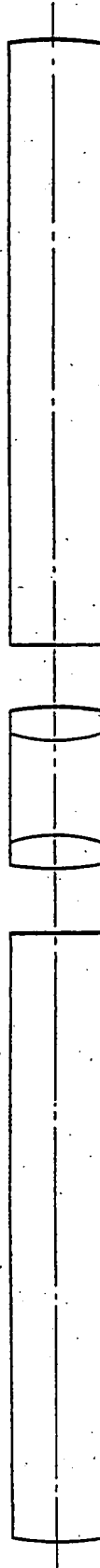


FIG.16

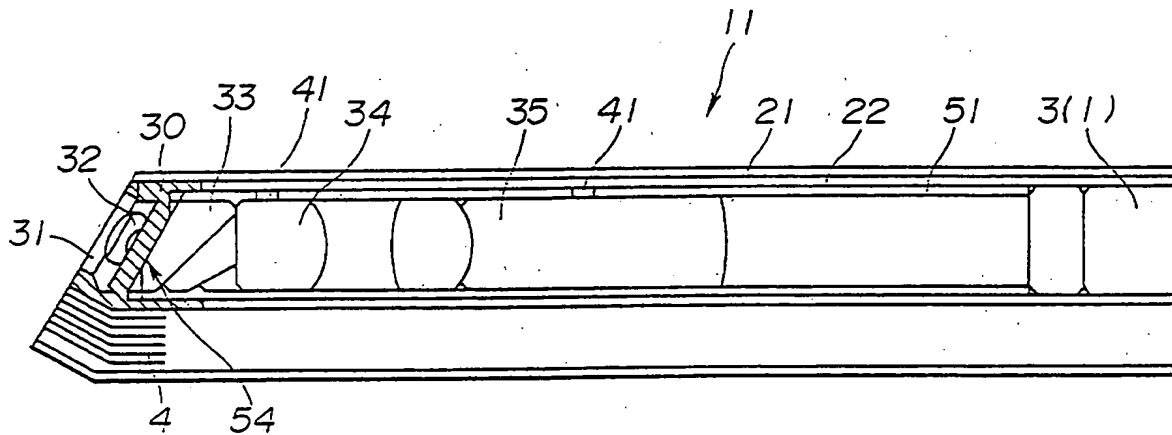
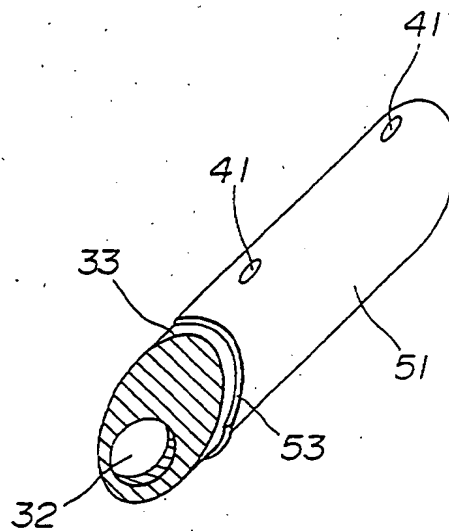
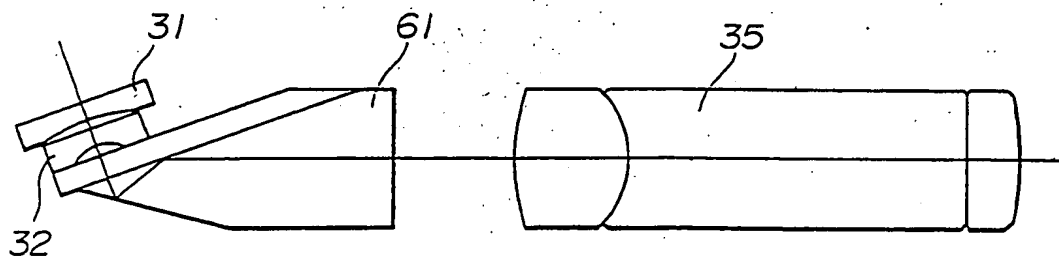


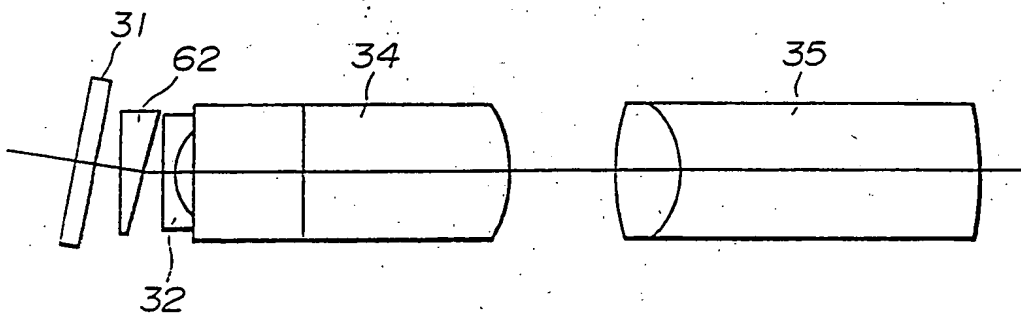
FIG.17



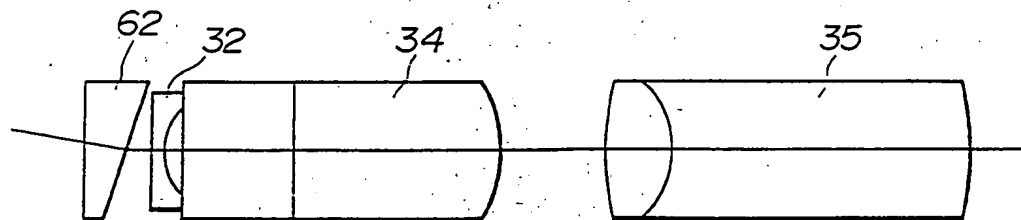
**FIG.18**



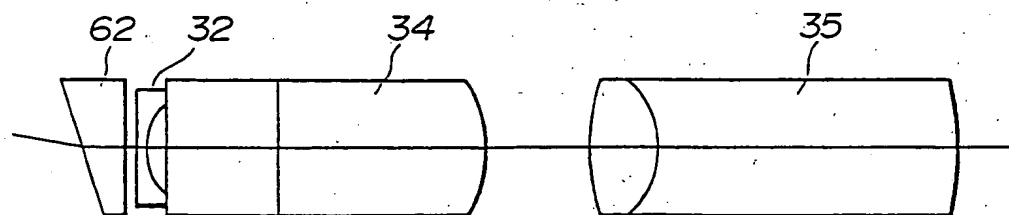
**FIG.19**



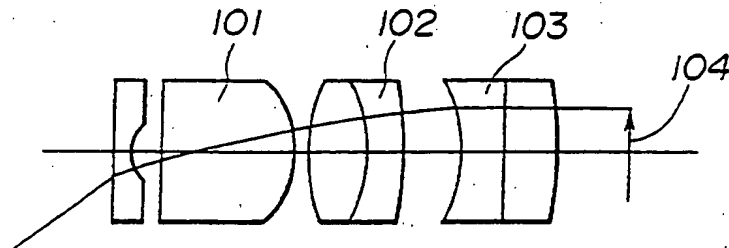
**FIG.20**



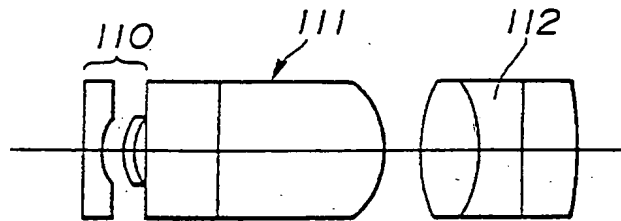
**FIG.21**



**FIG.22**  
STAND DER TECHNIK



**FIG.23**  
STAND DER TECHNIK



**FIG.24**  
STAND DER TECHNIK

